

MEASUREMENT DEVICE FOR QUANTUM STOCHASTIC PROCESS

Patent Number: JP8227682
Publication date: 1996-09-03
Inventor(s): SETO AKIRA; HISAMITSU TADASHI
Applicant(s): SETO AKIRA;; HISAMITSU TADASHI
Requested Patent: ☐ JP8227682
Application Number: JP19950033601 19950222
Priority Number(s):
IPC Classification: H01J37/24; H03K3/84
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a measurement device for a quantum stochastic process, capable of measuring the randomness of random pulses generated utilizing the randomness of a quantum.

CONSTITUTION: Light quanta resulting from electron transitions in gas discharge are photoelectrically converted to generate random pulses, and the number thereof is counted with a first counter 54. The number is counted with a second counter 56 via a gate circuit 55 controlled for an open/close operation with control pulses having a 50% duty ratio. When the value counted with the second counter is equal to a half of the value counted with the first counter, or in the neighborhood thereof, the random pulses are judged to have nearly complete randomness.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-227682

(43)公開日 平成8年(1996)9月3日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01J 37/24			H01J 37/24	
H03K 3/84			H03K 3/84	Z
// A61B 10/00			A61B 10/00	E

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-33601

(22)出願日 平成7年(1995)2月22日

(71)出願人 595026472

瀬戸 明

東京都品川区中延5丁目9番28号 小笠原
ハウス2F

(71)出願人 595026483

久光 正

東京都世田谷区東玉川2丁目14番6号

(72)発明者 瀬戸 明

東京都品川区中延5丁目9番28号 小笠原
ハウス2F

(72)発明者 久光 正

東京都世田谷区東玉川2丁目14番6号

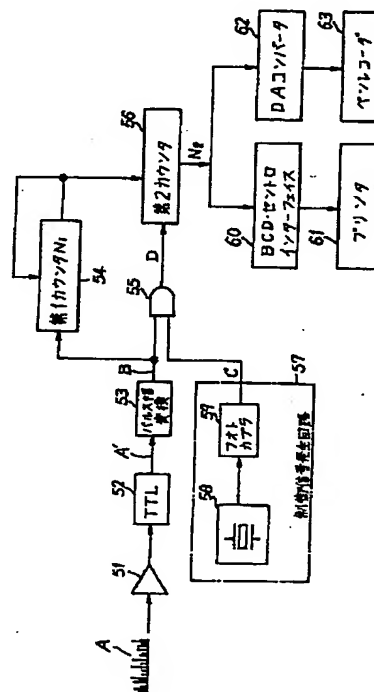
(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54)【発明の名称】 量子確率過程の計測装置

(57)【要約】

【目的】 量子のランダム性を利用して発生させたランダムパルスのランダム性を計測することができる粒子確率過程の計測装置を提供する。

【構成】 気体放電の電子遷移による光量子を光電変換してランダムパルスが発生させ、これを第1のカウンタ54によって計数するとともに、デューティ比が50%の制御パルスで開閉制御されるゲート回路55を経て第2のカウタ56で計数する。第2カウンタの計数値が第1カウンタの計数値の1/2に等しいかまたはその近傍の値である場合には、ランダムパルスはほぼ完全なランダム性を有していると判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 量子のランダム性に基づくランダムパルスを発生する手段と、このランダムパルスを計数して第 1 の計数値を生じる第 1 のカウント手段と、第 1 および第 2 の信号状態の持続時間の比率であるデューティ比が所定の値を有する制御信号を発生する手段と、前記ランダムパルスおよび制御信号を受け、制御信号が第 1 の信号状態のときにはランダムパルスを通し、第 2 の信号状態のときにはランダムパルスを通さないゲート手段と、このゲート手段を通ったランダムパルスを計数して第 2 の計数値を生じる第 2 のカウント手段とを具え、前記第 1 のカウント手段で計数される第 1 の計数値と、前記第 2 のカウント手段で計数される第 2 の計数値とから、ランダムパルスの量子確率過程を計測するように構成したことを特徴とする量子確率過程の計測装置。

【請求項 2】 前記ランダムパルス発生手段が、気体放電の電子遷移によるランダムパルスを発生するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 3】 前記ランダムパルス発生手段が、トンネルダイオードのトンネル電流領域のゆらぎによってランダムパルスを発生するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 4】 前記ランダムパルス発生手段が、生体に光を照射し、生体表面から反射される光によるランダムパルスを発生するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 5】 前記ランダムパルス発生手段が、生体表面から発生される生物フォトンによるランダムパルスを発生するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 6】 前記ランダムパルス発生手段と、制御信号発生手段とを電気的に分離したことを特徴とする請求項 1 ～ 5 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 7】 前記制御信号のデューティ比を 50% に設定し、前記第 1 の計数値の $1/2$ と、前記第 2 の計数値との差に基づいて量子確率過程を計測するように構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れかに記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 8】 前記第 1 のカウント手段を、予め設定された前記第 1 の計数値まで計数したときに発生されるリセットパルスでリセットされるように構成し、このリセットパルスによって前記第 2 のカウント手段の計数値を前記第 2 の計数値として出力するとともにこの第 2 のカウント手段をもリセットするように構成したことを特徴とする請求項 7 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 9】 前記第 2 のカウント手段から出力される

第 2 の計数値を表示するように構成したことを特徴とする請求項 8 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 10】 前記第 2 のカウント手段から出力される第 2 の計数値をアナログ信号に変換し、このアナログ信号を表示するように構成したことを特徴とする請求項 8 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 11】 前記第 1 のカウント手段から出力される第 1 の計数値を基準として第 2 のカウント手段から出力される第 2 の計数値の統計学的な偏差を演算して表示するように構成したことを特徴とする請求項 8 に記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 12】 前記制御信号発生手段を、その出力制御信号のデューティ比を可変とし、50% からの偏りを偏差として表示するように構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れかに記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 13】 前記パルス発生手段に利得が可変の増幅器を設け、所定のレベル以上のパルスを出力するレベル変換手段を設け、単位時間当たりのランダムパルスの個数を調整するように構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 12 の何れかに記載の量子確率過程の計測装置。

【請求項 14】 前記パルス発生手段をプローブとして構成し、他の構成部分と信号伝送ラインを介して接続したことを特徴とする請求項 1 ～ 13 の何れかに記載の量子確率過程の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は量子確率過程の計測装置、特に物質の法則の中で最も根源的なもの、すなわち量子物理学でいう量子のランダム性を基本に、その破綻度を計測する量子確率過程の計測装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 上述したような量子のランダム性は量子力学の上では絶対的なものではあるが、実際に完全なランダム性を有しているものではない。例えば、放射性物質の崩壊によって生ずる粒子の発生確率はランダム性を有しているが、有限の時間の中で観測する場合には完全なランダム性を有しているとは言えず、ランダム性からの偏りがある場合もある。また、何らかの外部ノイズの影響によってランダム性が見掛け上破綻している可能性もある。このように本来完全なランダム性を有していると考えられている事象に基づいて発生されるパルスを完全なランダムパルスとして使用できるようにするためには発生されるパルスのランダム性あるいはランダム性からの偏りを計測する必要がある。また、確率過程のシミュレーションを正確に行う場合には、完全にランダムな事象が必要となり、ランダム性からの偏りはシミュレーションの誤差となってしまう。さらに、電子式の籤やそれに類似した装置も提案されており、これらの装置でもランダム信号が用いられているが、そのランダム性が完

全なものであるか否かを確認する必要がある。

【0003】また、生体の意識の存在を実証するために、生体の意識がランダム性にどのような影響を与えるのかを実証することが試みられている。すなわち、ランダムに生起する量子現象を利用し、生体の意識によってそのランダム性がどのように偏るかを計測することが試みられている。例えば、アメリカのボーイング社の主任研究員であったヘルムート・シュミット(Helmut Schmid)氏は、ストロンチウム90の放射性の壊変を用いてランダムパルスを生じさせ、そのランダム性が生体の意識によってどのように偏るのかを計測する実験を行っている。このような放射性物質を用いたランダムパルス発生装置は、1970年のJournal of Applied Physics, Vol. 41, No. 2の462～468頁に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したシュミットが提案している装置は放射性同位元素という危険な物質をランダム信号の発生源として使用しているが、近年放射性物質の管理、保全是非常に厳しくなっており、一般的な計測現場においては、できるだけ放射性同位元素を使用しないような行政指導が行われている。したがって、上述したような生体の意識の計測のような用途においては、危険な放射性同位元素を必要とするような装置は実際に使用することは困難である。すなわち、意識の測定を行うような用途では、研究室以外の環境でも自由に持ち込みができるような装置でなければならない。

【0005】さらに、上述したシュミットが開発した装置では、クロック信号をモジュロMカウンタで計数し、このカウンタを、放射性同位元素の崩壊を検出するガイガー計数管から出力されるパルスによってリセットし、その時点でのカウンタの計数値0, 1, 2, ..., M-1をランダム数として発生するものである。このようにして発生させたランダム数はいわゆる乱数であり、ランダムパルスではなく、ランダムパルスそのものを使用する必要がある用途には適用することができない。さらに、このようにして発生させた乱数のランダム性を確認する手段については何ら提案されておらず、放射性同位元素の崩壊による粒子の発生確率が絶対的にランダムなものであると推定しており、実際にランダム性があるか否かを確認するには相当の時間が必要であり、ランダム性をほぼリアルタイムの秒単位で計測することはできない。したがって、このような装置は、例えば生体の意識の測定を行う場合は勿論のことその他の用途に対しても非常に使用しにくいものとなる欠点がある。

【0006】本発明の目的は上述した従来の量子確率過程の計測装置に欠点を除去し、放射性同位元素のような危険な物質を用いることがなく、したがって危険を伴わずにどのような用途にも適用することができ、しかも量子確率過程、すなわちランダム性をほぼリアルタイムで計測することができる量子確率過程の計測装置を提供し

ようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による量子確率過程の計測装置は、量子のランダム性に基づくランダムパルスを生ずる手段と、このランダムパルスを計数して第1の計数値を生じる第1のカウント手段と、第1および第2の信号状態の比率であるデューティ比が所定の値を有する制御信号を生ずる手段と、前記ランダムパルスおよび制御信号を受け、制御信号が第1の信号状態のときにはランダムパルスを通し、第2の信号状態のときにはランダムパルスを通さないゲート手段と、このゲート手段を通ったランダムパルスを計数して第2の計数値を生じる第2のカウント手段とを具備し、前記第1のカウント手段で計数される第1の計数値と、前記第2のカウント手段で計数される第2の計数値とから、ランダムパルスの量子確率過程を計測するように構成したことを特徴とするものである。

【0008】本発明による量子確率過程の計測装置の好適実施例においては、上述したように量子のランダム性に基づくランダムパルスを生ずるランダムパルス発生手段を、気体放電の電子遷移によるランダムパルスを生ずるように構成するか、トンネルダイオードのトンネル電流領域のゆらぎによってランダムパルスを生ずるか、生体に光を照射し、生体表面から反射される光によるランダムパルスを生ずるか、生体表面から発生される生物フォトンによるランダムパルスを生ずるように構成することができる。

【0009】

【作用】上述した本発明による量子確率過程の計測装置においては、前記ゲート手段を、例えばデューティ比が50%の制御信号によって制御し、第1のカウント手段の第1の計数値と、第2のカウント手段の第2の計数値とを比較し、第1の計数値の1/2に対する第2の計数値の偏差からランダム性を判断することができる。例えば、第2の計数値が第1の計数値の1/2に等しいか統計学的に許容できる誤差範囲内にある場合には、完全なランダム性があると判断できる。また、第1の計数値の1/2の値からの第2の計数値のずれからランダム性の偏りを容易かつ正確に計測することができる。

【0010】

【実施例】図1～図4は本発明による量子確率過程の計測装置に用いるランダムパルス発生手段の幾つかの例を示すものである。図1に示す第1の実施例においては、ガス放電管11から放射される光をピンホールより成る絞り12で絞り、十分減光させ、光電子増倍管13に入射させる。この絞り12は、例えば光軸に対して中心をずらせた3重のピンホールを以て構成することができる。これにより気体放電時に起こる電子遷移のタイミングに対応して発生される光電子に基づくパルス列が光電子増倍管から出力されてくる。この信号は電流性のものであるから

バイアス電流の低い演算増幅器14で電圧に変換する。このようにしてランダムパルス列Aを発生させる。このランダムパルスAは電子遷移によるもので、量子物理学の原理によって完全にランダムに発生しているものと考えられる。また、ガス放電管11としては、ネオン管、クリプトン管、アルゴン管、キセノン管、ヘリウム管、水素ガス管などを用いることができる。

【0011】図2はランダムパルス発生手段の第2の実施例を示すものである。本例では、生体表面21から自然に発生される極微弱光である生物フォトン光電子増倍管22で受光してランダムパルスAを発生させるものである。このように生体表面21から発生されている生物フォトンもランダム性を有している。

【0012】図3はランダムパルス発生手段の第3の実施例を示すものである。本例では、生体表面31に光源32から弱い光ビームを照射し、生体表面で反射される光量子をピンホール33で絞って光電子増倍管34で受光することによってランダムパルスAを発生させるようにしたものである。

【0013】図4はランダムパルス発生手段の第4の実施例を示すものである。本例では、トンネルダイオード41を用いるものである。トンネルダイオード41のトンネル電流は純粋に量子現象であり、トンネル電流のゆらぎも完全にランダムな量子確率過程である。トンネルダイオード41に抵抗より成る分圧器を介して電源Vから所定の電圧を印加してトンネル電流領域に設定し、トンネルダイオード41を流れるトンネル電流を電流-電圧変換回路42を通して電圧に変換し、CR微分回路43で交流結合し、さらに増幅器44で増幅してランダムパルス列Aを得るものである。

【0014】図5は上述したランダムパルス発生手段から発生されるランダムパルスAを処理してランダム性の破綻を検出するようにした本発明による量子確率過程の計測装置の一実施例の構成を示すブロック図であり、図6は同じくその動作を説明するための信号波形図である。本例においては、図1に示すガス放電管11を用い、気体放電時に起こる電子遷移のタイミングを有するランダムパルスAを用いるものである。このランダムパルスAをランダムパルスAを前置増幅器51で増幅し、TTLレベル変換回路52で所定の振幅以上のパルスの振幅レベルをTTLレベルに調整する。このようにTTLレベル調整したランダムパルスA'を図6Aに示す。このランダムパルスA'の周波数は1000~2000Hzの範囲に設定するのが好適である。このランダムパルスA'をさらにパルス巾変換回路53に供給し、ランダムパルスの立ち上がり同期して立ち上がり、巾が一定のランダムパルスBに変換する。このランダムパルスBを図6Bに示す。このランダムパルスBのパルス巾は、0.1~1マイクロ秒の範囲で設定するのが好適である。

【0015】このようにレベルおよび巾を調整したラン

ダムパルスBを2分し、その一方を第1のカウント54に供給し、他方をゲート回路55の一方の入力端子に供給し、このゲート回路の出力パルスを第2のカウント56に供給する。本例ではゲート回路55をAND回路を以て構成するが、NAND回路で構成することもできる。ゲート回路55の他方の入力端子には、制御信号発生回路57から図6Cに示す制御パルスCを供給する。本例では、制御信号発生回路57には水晶クロック発振器58とフォトカプラ59を設け、このフォトカプラから出力される制御パルスCをゲート回路54へ供給する。さらに制御信号発生回路57は電池によって駆動するものとする。このように制御信号発生回路57にフォトカプラ59を設けるとともに電池駆動とすることによって制御パルスCとランダムパルスBとを電気的に完全に分離することができ、これらの間に何らの相関も持たないようにすることができる。また、制御パルスCの繰り返し周波数は、10~80KHzの範囲に設定するのが好適である。このように構成することにより、図6Dに示すように制御パルスCが高レベルにあるときにゲート回路55に供給されるランダムパルスBはゲート回路を通過して第2のカウント56によって計数されるが、制御パルスCが低レベルにあるときにゲート回路55に供給されるランダムパルスBはゲート回路を通過せず、第2のカウントによって計数されることはない。

【0016】本例では、第1のカウント54を自己リセット型のカウンタとして構成し、その最大計数値 N_1 に達したときに出力信号を発生するとともに計数値をリセットするように構成する。すなわち、第1のカウント54はモジュロ N_1 カウンタとして構成する。この第1のカウント54から発生される出力信号をリセット信号として第2のカウント56に供給し、第2のカウントはこのリセット信号が発生される時点での計数値を第2の計数値 N_2 として出力するとともに計数値を零にリセットする。このように構成することにより本実施例では、入力されるランダムパルスが所定の個数 N_1 に達した時点で、第2のカウント56によって計数された計数値 N_2 を取り出すことができる。ここで、制御信号発生回路57は、図6Cに示すようにデューティ比が50%の制御パルスCを発生するように構成されているので、第2のカウント57の計数値 N_2 が第1のカウント54の計数値 N_1 の1/2となる場合にはランダムパルスBは完全なランダム性を有し、したがって入力ランダムパルスAも完全なランダム性を有していたと判断することができ、第1のカウントの計数値 N_1 の1/2からずれを検出することによってランダム性からのずれを計測することができる。

【0017】本実施例においては、第2のカウント56の計数値 N_2 をBCD(binary code decimal)セントロインターフェース60を介してプリンタ61へ供給し、第2の計数値 N_2 を直接プリントアウトするように構成するとともに第2の計数値 N_2 をD/Aコンバータ62へ供給してアナログ信号に変換し、これをペンレコーダ63へ供給して偏差を表

示するように構成する。すなわち、第2の計数値 N_2 が2000のときにDAコンバータ62の出力電圧が零ボルトとなり、2000よりも大きいときに+Vとなり、小さいときに-Vとなるようにして偏差の方向のみを表示するようにするが、偏差の大きさに対応した電圧値を出力するようにしても良いことは勿論である。

【0018】本実施例においては、ランダムパルスBの繰り返し周波数がほぼ1300Hzとなり、ゲート回路55に供給する制御パルスCが20KHzの繰り返し周波数を有するものとし、第1カウンタ54の計数値 N_1 を4000に設定する。このように構成すると、第1のカウント54が第1の計数値 $N_1=4000$ を計数した時点で第2のカウント56の第2の計数値 N_2 が2000となれば入力ランダムパルスAは完全なランダム性を持っていると判定することができる。ここで、このランダムパルスBの平均的な繰り返し周波数を1300パルス/秒程度としているから、第1のカウント54の計数値が予め設定した第1の計数値 N_1 に達するまでの時間はおおよそ3秒であり、ほぼリアルタイムでの計測となる。

【0019】上述した実施例では、第2の計数値 N_2 を直接プリントアウトするとともにランダム性の偏りの方向を表示するようにしたが、本発明によれば、第2の計数値 N_2 を統計学的に処理してランダム性を評価することもできる。入力ランダムパルスAが完全なランダム性を有するものであっても、第2のカウント56の第2の計数値 N_2 が正確に2000とならない場合が普通であるが、何回も試行することにより、その平均値は2000に近づき、その平均値からの偏りが所定の範囲内にあれば完全なランダム性を有していると判断しても良い。実際の第2のカウント56の計数値の分布を調べたところ図7に示すように2000を中心とした二項分布をとり、その標準偏差 σ は $(npq)^{1/2}$ で与えられ、本例では $(4000 \times 1/2 \times 1/2)^{1/2} = 31.62$ である。この場合、試行回数が4000と多いので、確率分布は正規分布をとると考えることができ、したがって実際の計算には正規分布を用いることができる。本実施例のように独立試行回数が4000の場合、第2の計数値 N_2 として与えられるヒットパルスの個数の平均値は2000であり、 $\pm 2\sigma$ で1936~2064、 $\pm 3\sigma$ で1905~2095となる。具体的には、二項分布の正規近似式を用い、ヒットパルスの期待値からのずれを正規分布のZ値で表示することができる。このZ値が大きければ大きいほどランダム性の破綻が大きいことを意味している。したがって、Z値を縦軸とし、時間経過を横軸としたグラフでランダム性の破綻を読み取ることができる。この場合、Z値が例えば $\pm 3\sigma$ 以内であれば、ランダム性は破綻していないと判断することができる。

【0020】図4に示すランダムパルス発生手段ではトンネルダイオード41のトンネル電流のゆらぎによってランダムパルスを発生させるようにしたが、トンネルダイオードは小型軽量であるので、携帯に便利なプローブと

して構成することもできる。図8はトンネルダイオード41を用いたランダムパルス発生手段をプローブとして形成した実施例の構成を示すものである。本例では、図4に示すトンネルダイオード41、電流-電圧変換回路42、微分回路43および増幅器44をプローブ71に内蔵し、これを信号伝送ライン72を介して、図5に示すゲート回路55や第1および第2のカウント54および56などを具える信号処理装置73に伝送する。本例では信号伝送ライン72は電気パルスを伝送するものであるが、プローブ71の最終段に電気-光変換器を設け、処理装置73の入力段に光-電気変換器を設けることによって光パルスを伝送する、例えば光ファイバとすることもできる。このような光ファイバを用いることによって外部ノイズの影響を軽減することができる。また、このようなプローブ71を用いる場合には、信号処理装置73も携帯できるようにするのが好適であり、その場合には信号処理装置を小型軽量とするために、信号処理装置に記録装置、例えばDATレコーダを設け、プローブから発生されるランダムパルスを記録しておくこともできる。この場合には、記録装置に記録したランダムパルスを後に再生して図5に示すような信号処理装置に入力させてランダム性を計測することができる。

【0021】さらに、ランダムパルス発生手段に設けた増幅器、例えば図4に示す増幅器44を利得可変の増幅器として構成することもできる。この場合には、増幅器から出力されるランダムパルスの振幅を調整することができる。したがって図5に示すTTLレベル変換回路52において変換される毎秒当たりのパルスの個数を調整することができる。すなわち、増幅器の利得を大きくしてランダムパルスの振幅を大きくする場合には、毎秒当たりのランダムパルスの個数は多くなり、この逆に利得を小さくすると毎秒当たりのランダムパルスの個数は少なくなる。このようにして毎秒当たりのランダムパルスを個数を調整することができる。

【0022】上述した実施例においては、制御パルスのデューティ比を50%に設定し、第1のカウント54で計数される第1の計数値 N_1 の1/2と、第2のカウント56で計数される第2の計数値 N_2 とを比較してランダム性の確認を行うようにしたが、制御パルスのデューティ比を可変とし、第1の計数値 N_1 の1/2と第2の計数値 N_2 とが等しくなるようにデューティ比を調整し、50%からの偏差を検出することによってランダム性を計測することもできる。

【0023】また、図5に示す実施例においては、プリンタ61で第2の計数値 N_2 をプリントアウトするとともにペンレコーダ63によって平均値2000からの偏差の方向を表示するようにしたが、ヒットパルス数の期待値からのずれを正規分布のZ値をコンピュータにより演算することができる。この場合には、上述したようにプリントアウトされた第2の計数値 N_2 を見ながらキーボードを使用

してコンピュータへ入力しても良いが、BCD セントロインターフェイス60から出力されるBCD 出力をオンラインでコンピュータへ取り込み、正規統計関数からダイレクトに Z値を算出することもできる。

【0024】さらに、上述したランダム性からの偏りは、温度、湿度、気圧、風などの気象状態や電磁波や磁場などの物理的状态などと、人間を含む生体系との複合的な環境状態の変化によって変化することが考えられるが、環境状態による影響は一点だけで量子確率過程を計測しても正確に測定することは困難であり、例えば2次元的な計測を行うのが好適である。このように量子確率過程を2次元的に計測するようにした実施例を図9に示す。この図9においては、2次元的な平面を $m \times n$ の区域81に分割し、例えば図8に示したように信号伝送ライン12を介して信号処理装置73に接続したプローブ71をこれらの区域内に順次に配置してランダム性からの偏りを順次に計測する。或いはまた、区域81の個数に等しいプローブを準備してこれらを各区域内に配置しておき、ランダム性からの偏りを同時に計測できるようなシステムを構成することもできる。いずれの場合にもランダム性からの偏りを2次元的に計測することができるが、前者の場合には時間がかかるがコストは安価となり、後者の場合にはコストはかかるが時間は短縮されることになるので、これらの特徴を考慮して環境状況に応じて最適なシステムを採用すれば良い。

【0025】さらに、図9に示したようにランダム性からの偏りを2次元的に計測する場合には、各区域81についてのランダム性からの偏りを、例えば上述した Z値として算出し、この Z値の2次元的な分布をモニタ82上に、例えばカラー画像として表示することもできる。このようにモニタ82上に表示されるランダム性からの偏りを表す2次元的な画像を観測することによって環境状態を一目で知覚することができ、きわめて有用なデータを得ることができる。また、上述したような2次元的な計測を、2次元平面をそれに垂直な方向に移動させながら行なうことによって3次元的な計測を行なうこともでき、さらには時間の経過に伴う変化も併せて計測することによって4次元的な計測を行なうこともできる。

【0026】

【発明の効果】 上述したように本発明による量子確率過程の計測装置によれば、放射性同位元素のような危険な物質を用いることがなく、したがって危険を伴わずにどのような用途にも適用することができる。また、量子確率過程、すなわちランダムパルスのランダム性を確認することができるので、完全なランダム性を確認した上でランダムパルスを使用することができる。さらに、ランダム性をほぼリアルタイムで計測することができる。また、2次元的な計測を行い、ランダム性からの偏りを表す Z値を画像表示するようにした実施例においては、環境状態を2次元的に知覚することができ、きわめて有用

なデータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明による量子確率過程の計測装置に用いるランダムパルス発生手段の第1の実施例の構成を示す線図である。

【図2】 図2は、本発明による量子確率過程の計測装置に用いるランダムパルス発生手段の第2の実施例の構成を示す線図である。

【図3】 図3は、本発明による量子確率過程の計測装置に用いるランダムパルス発生手段の第3の実施例の構成を示す線図である。

【図4】 図4は、本発明による量子確率過程の計測装置に用いるランダムパルス発生手段の第4の実施例の構成を示す線図である。

【図5】 図5は、ランダムパルス発生手段からのランダムパルスを処理する部分の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図6】 図6A～Dは同じくその動作を説明するために信号波形図である。

【図7】 図7は同じくその第2の計数値の分布を示すグラフである。

【図8】 図8は、本発明による量子確率過程の計測装置の他の実施例の構成を示す線図である。

【図9】 図9は、ランダム性からの偏りを2次元的に計測するようにした本発明による量子確率過程の計測装置の実施例の構成を示す線図である。

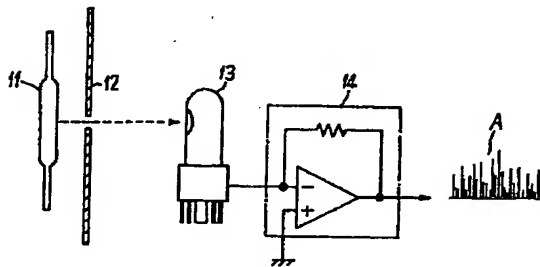
【符号の説明】

- 11 ガス放電管
- 12 ピンホール
- 13 光電子増倍管
- 14 電流－電圧変換回路
- 21 生体表面
- 22 光電子増倍管
- 31 生体表面
- 32 光源
- 33 ピンホール
- 34 光電子増倍管
- 41 トンネルダイオード
- 42 電流－電圧変換回路
- 43 微分回路
- 44 増幅器
- 51 前置増幅器
- 52 TTL レベル変換回路
- 53 パルス巾変換回路
- 54 第1カウンタ
- 55 ゲート回路
- 56 第2カウンタ
- 57 制御信号発生回路
- 58 水晶クロック発振器
- 59 フォトカプラ

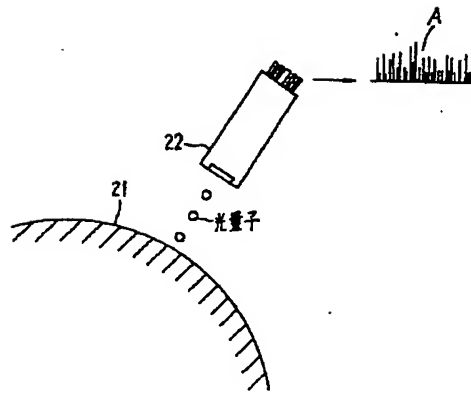
60 BCD セントロインターフェイス
61 プリンタ
62 DAコンバータ
63 ペンレコーダ
71 プローブ

72 信号伝送ライン
73 信号処理装置
81 区域
82 モニタ

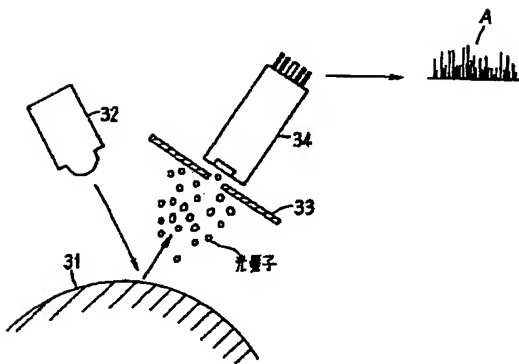
【図1】



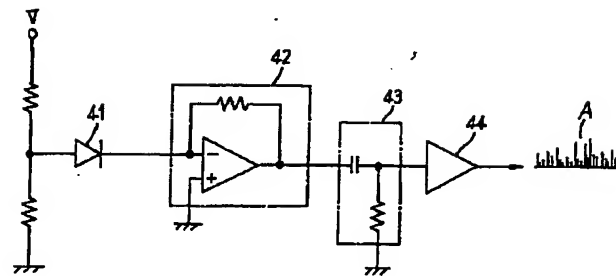
【図2】



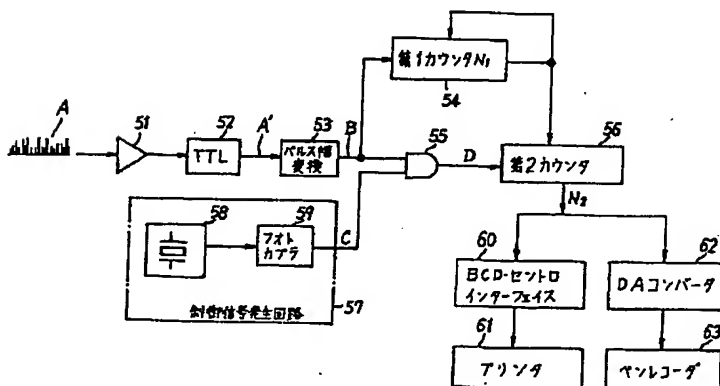
【図3】



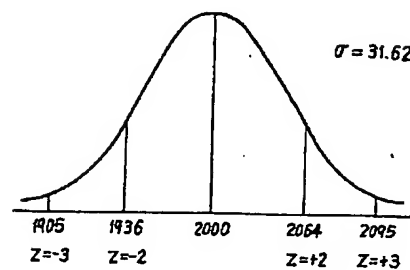
【図4】



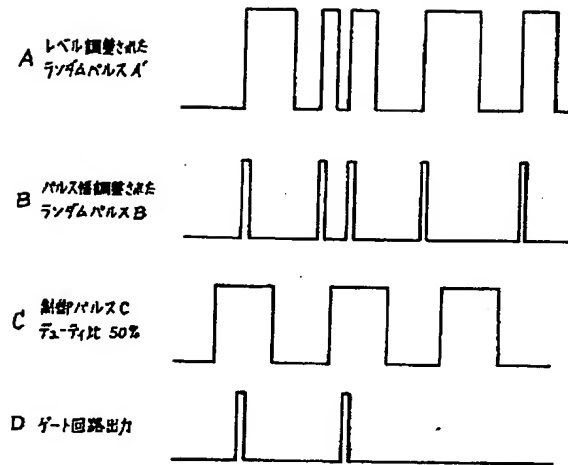
【図5】



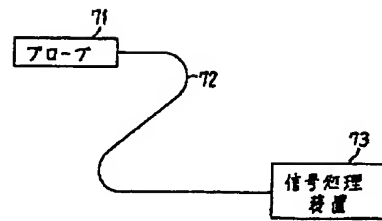
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

